

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-347605

(43)Date of publication of application : 27.12.1993

(51)Int.Cl.

H04J 14/02

H01S 3/133

H04J 1/00

(21)Application number : 04-155138

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 15.06.1992

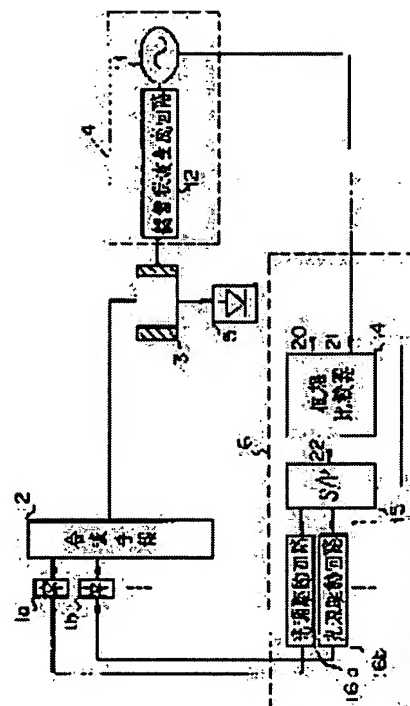
(72)Inventor : SHIMIZU KATSUHIRO

## (54) OPTICAL FREQUENCY INTERVAL STABILIZING DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To stabilize a channel frequency interval for frequency multiplex optical signals by controlling an oscillated frequency of plural light sources so that a time interval of an optical output pulse of a wavelength variable optical filter is equal to a setting period of a reference frequency signal.

**CONSTITUTION:** An optical frequency control means 6 is constituted of a phase comparator 14, an S/P conversion circuit 15 and light source drive circuits 16a, 16b.... The output signals of a light receiving device 5 and a reference frequency signal generator 11 are inputted respectively to the input terminals 20, 21 of the phase comparator 14, which detects the phase difference of the two signals and outputs a serial signal sequentially representing an error signal corresponding among light sources 1a, 1b,... to the S/P conversion circuit 15, in which the serial signal is converted into a parallel signal and outputted to the light source drive circuits 16a, 16b.... Furthermore, the optical frequency interval (channel frequency interval) among the plural light sources 1a, 1b... is controlled to a prescribed value by driving the relevant light sources 1a, 1b... based on the output signal of the light source drive circuit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.06.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2868041

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of registration] 25.12.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FILE LAST UPDATED: 29 MAR 1999 <19990329/UP>  
 FILE COVERS 1976 TO DATE.

=> S JP05347605/PN

L2 1 JP05347605/PN

=> D ALL

L2 ANSWER 1 OF 1 JAPIO COPYRIGHT 1999 JPO and Japio  
 AN 93-347605 JAPIO  
 TI OPTICAL FREQUENCY INTERVAL STABILIZING DEVICE  
 IN SHIMIZU KATSUHIRO  
 PA MITSUBISHI ELECTRIC CORP, JP (CO 000601)  
 PI JP 05347605 A 19931227 Heisei  
 AI JP 92-155138 (JP04155138 Heisei) 19920615  
 SO PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Unexamined Applications, Section: E, Sect.  
 No.

1533, Vol. 18, No. 195, P. 19 (19940405)  
 IC ICM (5) H04J014-02  
 ICS (5) H01S003-133; (5) H04J001-00  
 CC 44.2 COMMUNICATION - Transmission system  
 42.2 ELECTRON - Solid state component  
 CT R002 COMMON - Laser  
 R005 COMMON - Piezoelectric ferroelectric  
 AB PURPOSE: To stabilize a channel frequency interval for frequency  
 multiplex  
 optical signals by controlling an oscillated frequency of plural light  
 sources so that a time interval of an optical output pulse of a  
 wavelength  
 variable optical filter is equal to a setting period of a reference  
 frequency signal.  
 CONSTITUTION: An optical frequency control means 6 is constituted of a  
 phase comparator 14, an S/P conversion circuit 15 and light source  
 drive  
 circuits 16a, 16b . The output signals of a light receiving device 5  
 and a  
 reference frequency signal generator 11 are inputted respectively to  
 the  
 input terminals 20, 21 of the phase comparator 14, which detects the  
 phase  
 difference of the two signals and outputs a serial signal sequentially  
 representing an error signal corresponding among light sources 1a,  
 1b, to  
 the S/P conversion circuit 15, in which the serial signal is converted  
 into a parallel signal and outputted to the light source drive  
 circuits  
 16a, 16b . Furthermore, the optical frequency interval (channel  
 frequency  
 interval) among the plural light sources 1a, 1b is controlled to a  
 prescribed value by driving the relevant light sources 1a, 1b based  
 on  
 the output signal of the light source drive circuit.

=> S JP09301690/AN

L3 0 JP09301690/AN  
 (JP-09301690/AN)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 5 - 3 4 7 6 0 5

(43)公開日 平成5年(1993)12月27日

(51)Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 J 14/02

H 0 1 S 3/133

H 0 4 J 1/00

7117-5 K

8220-5 K

H 0 4 B 9/00

E

審査請求 未請求 請求項の数 2

(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平 4 - 1 5 5 1 3 8

(22)出願日 平成4年(1992)6月15日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 清水 克宏

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式会

社通信システム研究所内

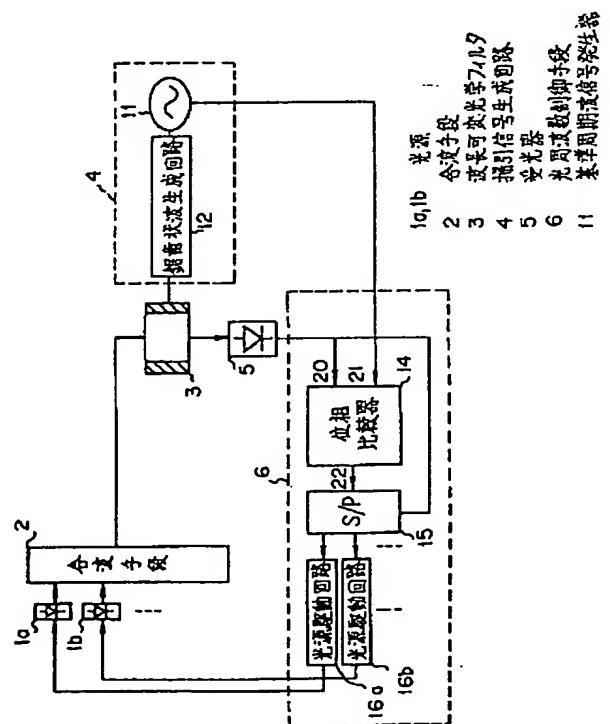
(74)代理人 弁理士 高田 守

(54)【発明の名称】光周波数間隔安定化装置

(57)【要約】

【目的】 広帯域にわたり、周波数多重光信号のチャネル周波数間隔を任意の値に設定することが可能で、周波数多重光信号のチャネル周波数間隔を安定化することが可能な、光周波数間隔安定化装置を得ることを目的とする。

【構成】 複数の光源 1 a, 1 b...より出力する光信号を合波し周波数多重光信号を出力する合波手段 2 と、上記の周波数多重光信号を入力としその透過帯域を掃引する波長可変光学フィルタ 3 と、基準周期波信号を源信号とし上記波長可変光学フィルタを駆動する信号を生成する掃引信号生成回路 4 と、上記波長可変光学フィルタの光出力信号を電気信号に変換する受光器 5 と、上記受光器の出力と上記基準周期波信号の位相差を誤差信号とし、上記誤差信号を用いて上記複数の光源の光周波数を制御する光周波数制御手段 6 とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光源より出力する光信号を合波し周波数多重光信号を出力する合波手段と、上記の周波数多重光信号を入力とし透過帯域を掃引する波長可変光学フィルタと、基準周期波信号を源信号とし上記波長可変光学フィルタを駆動する信号を生成する掃引信号生成回路と、上記波長可変光学フィルタの光出力信号を電気信号に変換する受光器と、

上記受光器の出力と上記基準周期波信号の位相差を誤差信号とし、上記誤差信号を用いて上記複数の光源の光周波数を制御する光周波数制御手段と、を備えたことを特徴とする光周波数間隔安定化装置。

【請求項2】 複数の光源より出力する光信号を合波し周波数多重光信号を出力する合波手段と、上記の周波数多重光信号を入力とし透過帯域を掃引する波長可変光学フィルタと、基準周期波信号を源信号とし上記波長可変光学フィルタを駆動する信号を生成する掃引信号生成回路と、上記波長可変光学フィルタの光出力信号を電気信号に変換する受光器と、

上記受光器の出力パルスの時間間隔に応じた電圧を発生するパルス間隔／電圧変換回路の出力電圧と基準電圧との差を誤差信号とし、上記誤差信号を用いて上記複数の光源の光周波数を制御する光周波数制御手段と、を備えたことを特徴とする光周波数間隔安定化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は光通信システムに用いられる光周波数多重光信号の各チャネル周波数間隔の安定化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、大容量伝送を目指した光領域の多重伝送方式の研究が盛んに行われている。狭いチャネル周波数間隔で光源周波数が変動するとクロストークの原因ともなるので、高密度の多重化のためには、各チャネル周波数の間隔を厳密に制御する必要がある。

【0003】 従来、このような要求に応えるため、例えば渋谷真他：“コヒーレント光CATV”，信学技法OQE88-70に提案されたものがあり、図7は上記文献に示された周波数多重光信号の光周波数間隔安定化装置の構成ブロック図である。図において、1a、1b、…は光源であり、その出力光は合波器であるスターカップラ2によって合波され、光カップラ9aに入力される。8は掃引用レーザダイオード（以下、レーザダイオードをLDと呼ぶ）であり、その出力光は光カップラ9bによって光カップラ9a、基準共振器10に分波される。光カップラ9aでは光源1a、1b、…より発せられた信号光と掃引用LD8を図8（a）に示すような鋸歯状波信号で駆動して得られた掃引光とが合波され受光器5aに出力される。一方、基準共振器10の出力光は受光器5bに入力される。受光器5aの出力信号は図8

（b）に示すようなパルス列であり、周波数多重光源の出力光と掃引用LD出力光とのビートに対応している。受光器5bの出力信号は図8（c）に示すようなパルス列であり、基準共振器の共振ピークに対応している。

【0004】 以上の従来方式は掃引用LDを鋸歯状波で掃引することによって、基準共振器の共振ピークに対応するパルス列と、周波数多重光源の出力光と掃引用LDの出力光とのビートに対応するパルス列を生成し、両者を時間軸上で一致するように制御するものである。従って、複数の光源1a、1b、…の各発振周波数は基準共振器の共振ピークに固定され、各チャネル周波数間隔は基準共振器のフリースペクトラムレンジに等しくなる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の光周波数安定化方式は以上のように構成されているので、複数の光源より出力する光信号を合波した周波数多重光信号のチャネル周波数間隔は基準共振器のフリースペクトラムレンジに等しくなる。ところが、共振器のフリースペクトラムレンジを可変にすることは容易ではなく、周波数間隔を任意の値に設定することは困難であり、システムの柔軟性に欠けるという課題があった。また、従来方式では周波数多重光信号の全帯域を掃引できる掃引用LDを必要とするが、掃引用LDの発振波長可変幅により制約されるという課題があった。

【0006】 この発明は、このような課題を解決するためになされたもので、広帯域で使用可能で、周波数多重光信号のチャネル周波数間隔を任意の値に設定することが可能であるとともに、周波数多重光信号のチャネル周波数間隔の安定化が可能な、光周波数間隔安定化装置を得ることを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、請求項1に係わる光周波数間隔安定化装置は、複数の光源より出力する光信号を合波し周波数多重光信号を出力する合波手段と、上記の周波数多重光信号を入力とし透過帯域を掃引する波長可変光学フィルタと、基準周期波信号を源信号とし上記波長可変光学フィルタを駆動する信号を生成する掃引信号生成回路と、上記波長可変光学フィルタの光出力信号を電気信号に変換する受光器と、上記受光器の出力と上記基準周期波信号の位相差を誤差信号とし、上記誤差信号を用いて上記複数の光源の光周波数を制御する光周波数制御手段と、を備えるようにしたものである。

【0008】 また、請求項2に係わる光周波数間隔安定化装置は、複数の光源より出力する光信号を合波し周波数多重光信号を出力する合波手段と、上記の周波数多重光信号を入力とし透過帯域を掃引する波長可変光学フィルタと、基準周期波信号を源信号とし上記波長可変光学フィルタを駆動する信号を生成する掃引信号生成回路と、上記波長可変光学フィルタの光出力信号を電気信号



に変換する受光器と、上記受光器の出力パルスの時間間隔に応じた電圧を発生するパルス間隔／電圧変換回路の出力電圧と基準電圧との差を誤差信号とし、上記誤差信号を用いて上記複数の光源の光周波数を制御する光周波数制御手段と、を備えるようにしたものである。

#### 【0009】

【作用】以上のように構成された請求項1に係わる光周波数間隔安定化装置では、波長可変光学フィルタの光出力パルスの時間間隔は、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔に比例したもので、上記の光出力パルスの時間間隔を基準周期波信号の設定周期と等しくなるように上記の複数の光源の発振周波数を制御することにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を所定値に安定化することができる。また、上記の基準周期波信号の設定周期を変えることにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を任意の値に設定することができる。また、請求項2に係わる光周波数間隔安定化装置では、波長可変光学フィルタの光出力パルスの時間間隔は、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔に比例したもので、上記の光出力パルスを受光器を介して光／電気変換したパルスをパルス間隔／電圧変換回路により光出力パルスの時間間隔を等価的に直流電圧レベルに変換した値を、基準電圧発生器の設定電圧値と等しくなるように上記の複数の光源の発振周波数を制御することにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を所定値に安定化することができる。また、上記の基準電圧発生器の設定電圧値を変えることにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を任意の値に設定することができる。

#### 【0010】

【実施例】実施例1. 図1は請求項1に係わる発明の光周波数間隔安定化装置の実施例1を示す構成ブロック図である。図において、1a, 1b, …は光源、2は光源1a, 1b, …より出力する光信号を合波する合波手段、3は波長可変光学フィルタ、4は波長可変光学フィルタ3を駆動する信号を生成する掃引信号生成回路で、鋸歯状波生成回路12とその源信号の基準周期波信号を発生する基準周期波信号発生器11とを有する。5は波長可変光学フィルタ3の出力光を電気信号に変換する受光器、6は受光器5の出力と上記基準周期波信号発生器11の出力に基づいて複数の光源1a, 1b, …の発振周波数を制御する光周波数制御手段であり、位相比較器14、シリアル／パラレル変換回路15、及び光源駆動回路16a, 16b, …を有する。

【0011】上記光源としてはレーザダイオード(LD)、合波手段としては光カップラや波長多重合成分波器を用いることができる。また、波長可変光学フィルタとしてはビエソ素子付きファブリペロ共振器や波長可変半導体フィルタなど、透過帯域を掃引できる光学フィルタであれば何を用いてもよい。また、受光器としてはホト

ダイオードやアバランシェホトダイオードを用いることができる。

【0012】次に動作について図1, 2, 3を参照して説明する。複数の光源1a, 1b, …より出力する光信号は合波手段2によって合波され、波長可変光学フィルタ3に入力される。図2(a)は波長可変光学フィルタ3に入力する信号の周波数スペクトルを示す図である。図2(b)は基準周期波信号の発生器11の出力信号を示す図である。これは、鋸歯状波生成回路12に入力される源信号である。図2(c)は上記鋸歯状波生成回路12の出力信号を示す図である。これは、波長可変光学フィルタ3を駆動する信号である。図2(d)は上記波長可変光学フィルタ3の出力の光信号を示す図である。ここで、波長可変光学フィルタ3として、ビエソ素子付きファブリペロ共振器を用いた場合、掃引信号生成回路4の出力信号をビエソ素子付きファブリペロ共振器を駆動する信号として、共振器を掃引することにより、上記共振器入力の周波数多重光信号から各光源の出力信号を時間軸上の信号として抽出することができる。以上のようにして、受光器5より出力するパルスの時間間隔は光源1a, 1b, …より出力する光信号の周波数間隔に比例したものとなる。

【0013】光周波数制御手段6では位相比較器14の2つの入力端子20, 21にそれぞれ受光器5の出力信号と、基準周期波信号の発生器11の出力信号を入力する。位相比較器14では上記2つの入力信号の位相差を検出し、図2(e)に例示するような誤差信号を出力端子22に出力する。光源1a, 1b, …の各光源間に対応するそれぞれの誤差信号はシリアル信号として順に出力され、シリアル／パラレル変換回路15によってパラレル信号に変換され、光源駆動回路16a, 16b, …に入力される。光源駆動回路16a, 16b, …の出力信号により、それぞれ光源1a, 1b, …を駆動することによって、複数の光源1a, 1b, …の光周波数間隔(チャンネル周波数間隔)を所定値に制御する。

【0014】図3は位相比較器14の構成例を示したものである。入力端子22より入力する受光器5の出力パルスによって、入力端子21より入力する上記の基準周期波信号をサンプリング回路31によってサンプリングする。この位相比較器14を用いることにより、受光器5より出力されるパルスの時間軸上の位置(チャンネル周波数間隔)を、図2(b)に示す基準周期波信号の●印のタイミングに一致させることができ、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔をこの場合は基準周期波信号の周期に一致するように制御することができる。

【0015】実施例2. 図4は請求項2に係わる発明の光周波数間隔安定化装置の実施例2を示す構成ブロック図である。図において、1a, 1b, …は光源、2は光源1a, 1b, …より出力する光信号を合波する合波手段、3は波長可変光学フィルタ、4は波長可変光学フ

ルタ 3 を駆動する信号を生成する掃引信号生成回路で、鋸歯状波生成回路 1 2 とその源信号の基準周期波信号を発生する基準周期波信号発生器 1 1 とを有する。5 は波長可変光学フィルタ 3 の出力光を電気信号に変換する受光器、6 は受光器 5 の出力と基準電圧信号発生器 1 7 の出力に基づいて複数の光源 1 a, 1 b, … の発振周波数を制御する光周波数制御手段であり、パルス間隔/電圧変換回路 1 3、比較器 1 8、シリアル/パラレル変換回路 1 5、及び光源駆動回路 1 6 a, 1 6 b, … を有する。

【0016】次に動作について図 4, 5, 6 を参照して説明する。複数の光源 1 a, 1 b, … より出力する光信号は合波手段 2 によって合波され、波長可変光学フィルタ 3 に入力される。図 5 (a) は波長可変光学フィルタ 3 に入力する信号の周波数スペクトルを示す図である。図 5 (b) は鋸歯状波生成回路 1 2 の出力信号を示す図である。これは、波長可変光学フィルタ 3 を駆動する信号である。図 5 (c) は上記波長可変光学フィルタ 3 の出力の光信号を示す図である。実施例 1 の図 2 (d) と同様であり、既に説明済みなので省略する。図 5 (d) は上記電気信号をパルス間隔/電圧変換回路 1 3 に入力して得たパルス間隔/電圧変換回路 1 3 の出力信号であり、出力信号の各電圧値は各光源 1 a, 1 b, … より出力する光信号の周波数間隔に比例したものとなる。

【0017】比較器 1 8 では上記パルス間隔/電圧変換回路 1 3 より出力する電圧値と基準電圧発生器 1 7 出力値とを各光源間を順に比較し、図 5 (e) に例示するような誤差信号を出力する。光源 1 a, 1 b, … の各光源間に対応するそれぞれの誤差信号はシリアル信号として順に出力され、それをシリアル/パラレル変換回路 1 5 によってパラレル信号に変換され、光源駆動回路 1 6 a, 1 6 b, … により、それぞれ光源 1 a, 1 b, … を駆動することによって、光源 1 a, 1 b, … の光周波数間隔 (チャンネル周波数間隔) を所定値に制御する。

【0018】図 6 はパルス間隔/電圧変換回路 1 3 の構成例を示す図であり、リセット付き積分回路 3 0 とそれに縦続接続したサンプリング回路 3 1 からなる。リセット付き積分回路 3 0 は定電位を被積分信号とし、入力端子 2 3 に入力する受光器 5 の出力パルスによってリセットされる。リセット直前の積分回路 3 0 の出力値をサンプリング回路 3 1 によって検出し、ホールドする。以上により、サンプリング回路 3 1 の出力値は波長可変光学フィルタ 3 の出力の光信号の時間間隔を等価的に直流電圧レベルに変換したものとなる。

【0019】以上の本発明の周波数間隔安定化装置では、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔は必ずしも一定値でなくともよく、基準周期波信号の発生器 1 1 を一定周期波でなく、又は基準電圧信号の発生器 1 7 を一

定の直流値でなく、所要のプログラムで基準信号を発生させることにより、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔をシステムの要求に柔軟に対応することができる利点がある。

【0020】また、以上の本発明の周波数間隔安定化装置では、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔の安定化について説明したが、複数の光源の少なくとも 1 つの光源に絶対周波数の安定な基準光源を用い、複数の各光源の周波数間隔を安定化することにより、絶対周波数の安定な周波数多重光信号を簡単な構成により容易に得ることができる利点がある。

【0021】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、広帯域で使用可能で、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を任意の値に設定することが可能であるとともに、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔の安定化が可能な、光周波数間隔安定化装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 に係わる発明の実施例 1 を示す構成ブロック図である。

【図 2】図 1 の動作を説明する図である。

【図 3】図 1 の位相比較器の構成例を示す図である。

【図 4】請求項 2 に係わる発明の実施例 2 を示す構成ブロック図である。

【図 5】図 4 の動作を説明する図である。

【図 6】図 4 のパルス間隔/電圧変換回路の構成例を示す図である。

【図 7】従来の光周波数安定化装置を示す構成ブロック図である。

【図 8】図 7 の動作を説明する図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b, … 光源

2 合波手段

3 波長可変光学フィルタ

4 掃引信号生成回路

5 受光器

6 光周波数制御手段

1 1 基準周期波信号発生器

1 2 鋸歯状波生成回路

1 3 パルス間隔/電圧変換回路

1 4 位相比較器

1 5 シリアル/パラレル変換回路

1 6 a, 1 6 b, … 光源駆動回路

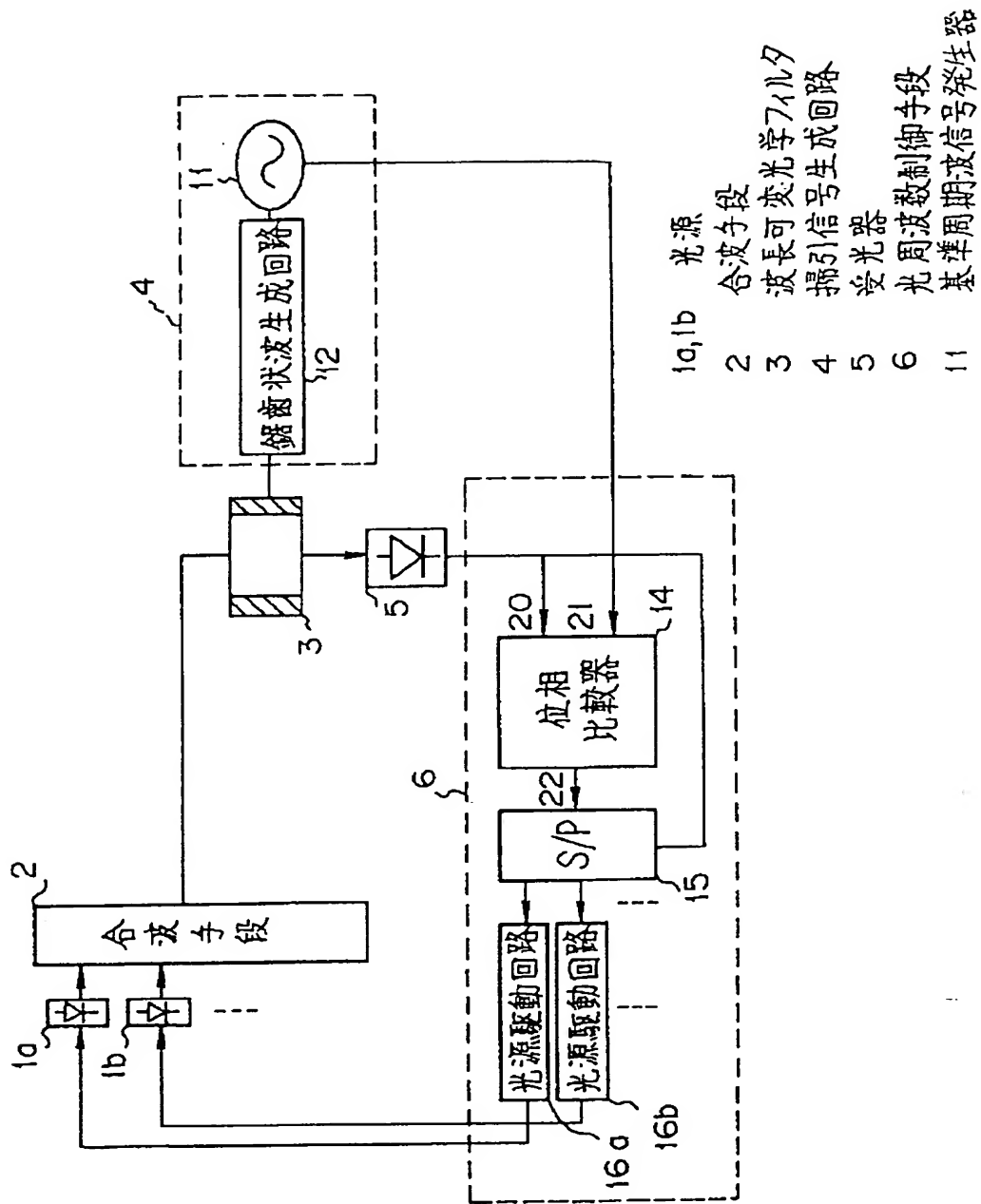
1 7 基準電圧発生器

1 8 比較器

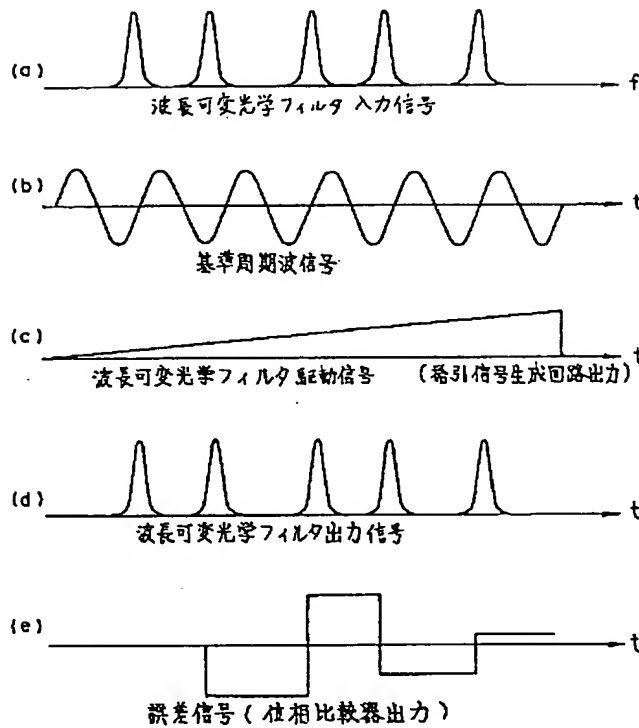
3 0 リセット付き積分回路

3 1 サンプリング回路

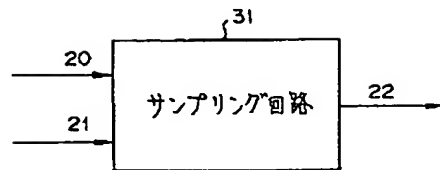
【図1】



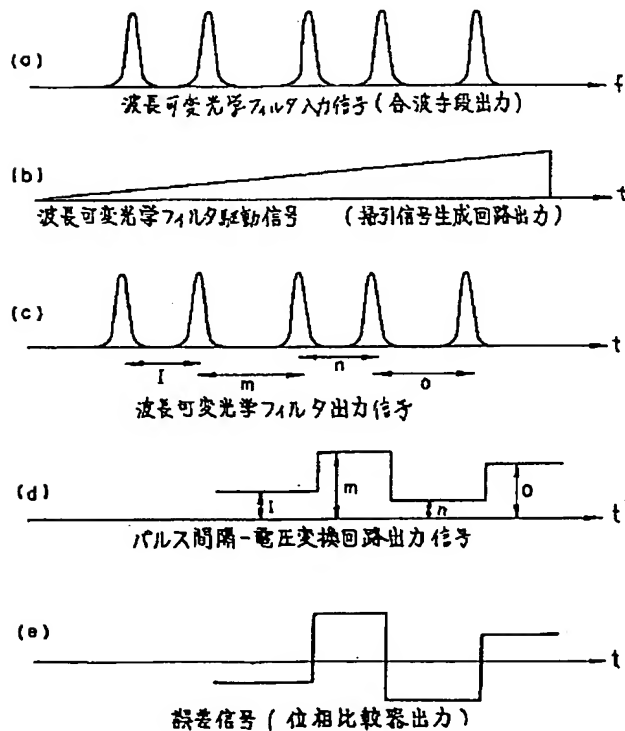
【図2】



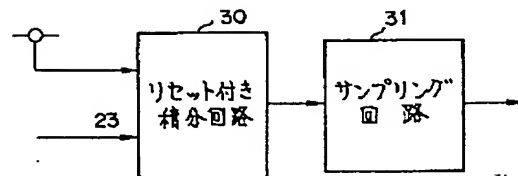
【図3】



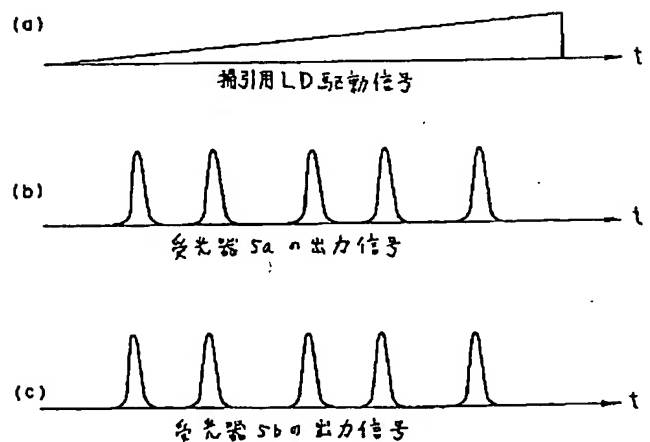
【図5】



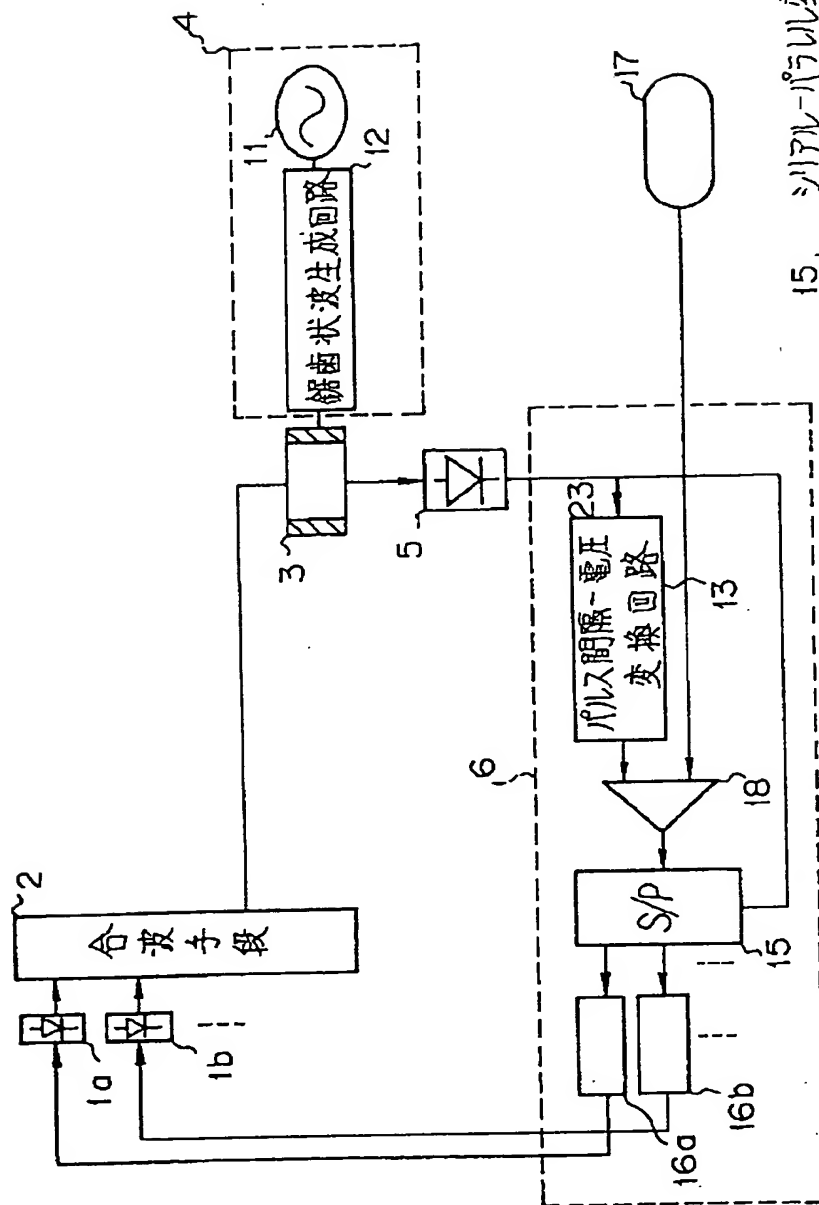
【図6】



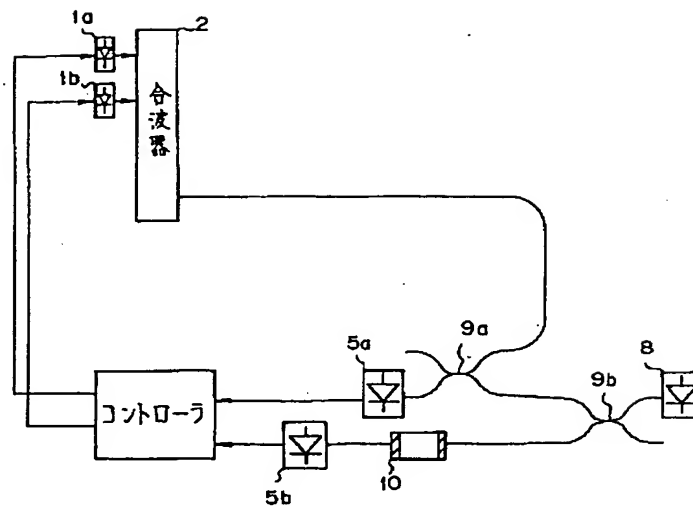
【図8】



15. シリアル-パラレル変換回路
- 16a, 16b 光源駆動回路
17. 基準電圧/信号発生器
18. 比較器



【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成4年8月10日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の光周波数安定化方式は以上のように構成されているので、複数の光源より出力する光信号を合波した周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔は基準共振器のフリースペクトラムレンジに等しくなる。ところが、共振器のフリースペクトラムレンジを可変にすることは容易ではなく、周波数間隔を任意の値に設定することは困難であり、システムの柔軟性に欠けるという課題があった。また、従来方式では周波数多重光信号の全帯域を掃引できる掃引用LDを必要とするため、帯域が掃引用LDの発振波長可変幅により制約されるという課題があった。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【作用】以上のように構成された請求項1に係わる光周波数間隔安定化装置では、波長可変光学フィルタの光出力パルスの時間間隔は、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔に比例したもので、上記の光出力パルスの時間間隔を基準周期波信号の設定周期と等しくなるように上記の複数の光源の発振周波数を制御することにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を所定値に安定化することができる。また、上記の基準周期波信号の設定周期を変えることにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を任意の値に設定することができる。また、請求項2に係わる光周波数間隔安定化装置では、波長可変光学フィルタの光出力パルスの時間間隔は、周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔に比例したもので、上記の光出力パルスを受光器を介して光/電気変換したパルスを実時間間隔/電圧変換回路により光出力パルスの時間間隔を等価的に直流電圧レベルに変換した値を、基準電圧発生器の設定電圧値と等しくなるように上記の複数の光源の発振周波数を制御することにより、上記の周波数多重光信号のチャンネル周波数間隔を所定値に安定化することができる。また、上記の基準電圧発生器の設定電圧値を変えることにより、上記の周波数多重光信号のそれぞれのチャンネル周波数間隔をそれぞれ任意の値に設定することができる。